

УДК 621.22

https://doi.org/10.33619/2414-2948/66/27

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ТОКТОГУЛЬСКОЙ ГЭС

©Адылова Э. С., ORCID: 0000-0002-1886-6932, SPIN-код: 6609-9843,  
Киргизско-Узбекский международный университет им. Б. Сыдыкова,  
г. Ош, Кыргызстан, A\_elmira01@mail.ru

©Ташполотов Ы., SPIN-код: 2425-6716, д-р физ.-мат. наук, Киргизско-Узбекский  
международный университет им. Б. Сыдыкова, г. Ош, Кыргызстан, itashpolotov@mail.ru

©Жээнбаева З. Р., Киргизско-Узбекский международный университет  
им. Б. Сыдыкова, г. Ош, Кыргызстан, Ziyar\_@mail.ru

©Жабазыев И. М., Киргизско-Узбекский международный университет  
им. Б. Сыдыкова, г. Ош, Кыргызстан, isha\_1418@mail.ru

## RESEARCH OF THE PARAMETERS OF THE HYDROPOWER POTENTIAL OF THE TOKTOGUL HYDROELECTRIC POWER STATION

©Alylova E., ORCID: 0000-0002-1886-6932, SPIN-code: 6609-9843, Kyrgyz-Uzbek  
International University named after B. Sydykov, Osh, Kyrgyzstan, A\_elmira01@mail.ru

©Tashpolotov Y., SPIN-код: 2425-6716, Dr. habil., Kyrgyz-Uzbek International  
University named after B. Sydykov, Osh, Kyrgyzstan, itashpolotov@mail.ru

©Zheenbaeva Z., Kyrgyz-Uzbek International University named  
after B. Sydykov, Osh, Kyrgyzstan, Ziyar\_@mail.ru

©Zhabagayev I., Kyrgyz-Uzbek International University named  
after B. Sydykov, Osh, Kyrgyzstan, isha\_1418@mail.ru

*Аннотация.* Данная работа посвящена теоретическому исследованию взаимосвязи гидроэнергетических параметров Токтогульской ГЭС с погодными изменениями природно-климатических факторов на территории гидрокаскадов и определению потенциала Токтогульского водохранилища.

*Abstract.* This work is devoted to the theoretical study of the relationship of hydroelectric power parameters of the hydroelectric power Station with weather changes in natural and climatic factors on the territory of the hydraulic cascades of the Kyrgyz Republic and the determination of the potential of the Toktogul reservoir of the Kyrgyz Republic.

*Ключевые слова:* Токтогульское водохранилище, гидроэлектростанция, приток воды, расход воды, изменения объема воды, регрессионное уравнение.

*Keywords:* Toktogul reservoir, hydroelectric power plant, water inflow, water discharge, changes in water volume, regression equation.

Вопрос энергосбережения является в настоящее время одной из наиболее актуальных проблем [1–4]. В работе проведены исследования взаимосвязи гидроэнергетических параметров гидроэнергетической станции с погодными изменениями природно-климатических факторов на территории гидрокаскадов и определения потенциала Токтогульского водохранилища КР [3–4]. Поскольку определение оптимальных параметров

работа ГЭС требуют знания гидроэнергетического потенциала реки Нарын с учетом расхода воды в Токтогульской ГЭС для различных целей.

Гидропотенциал Токтогульского ГЭС КР составим на основе модели водохранилища (Рисунок 1). Объем воды в водохранилище в момент времени  $t + \Delta t$  схематически можно представить:

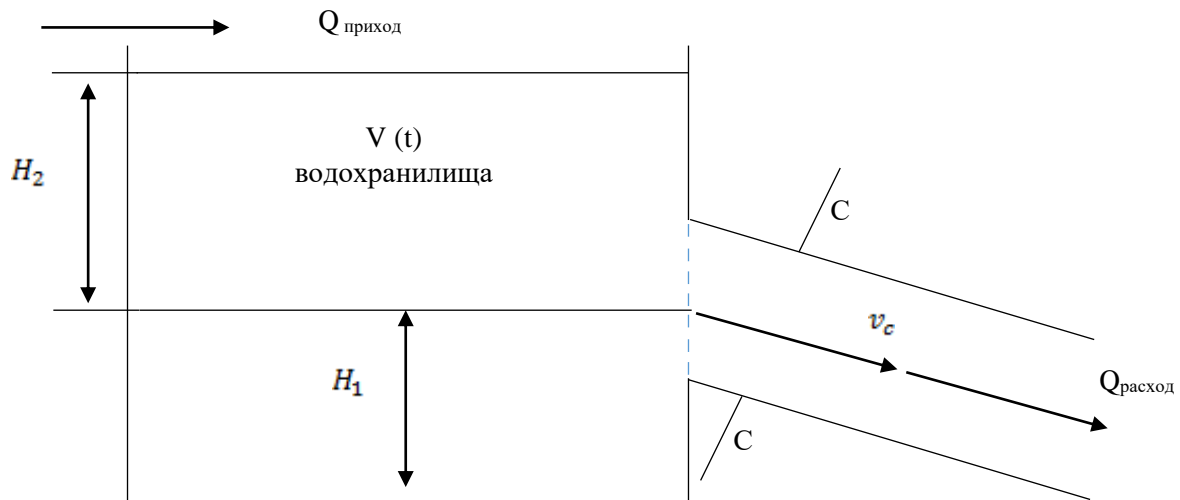


Рисунок 1. Схематическое изображение водохранилища: здесь  $V(t)$  — объем воды в водохранилище в момент времени  $t$ ,  $\text{м}^3$ ,  $Q_{\text{приход}}$  — приток воды в резервуар,  $\text{м}^3/\text{с}$ . (объем воды, поступающей в водохранилище за время  $\Delta t$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ ),  $Q_{\text{расход}}$  — отток воды из резервуара,  $\text{м}^3/\text{с}$

Ясно, что в процессе выработки электрической энергии в Токтогульской ГЭС уровень воды в водохранилище изменится.

Такое изменение уровня воды можно представить в виде следующих уравнений [3–4]:

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{вх}} + Q_{\text{осад}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{рас}} = Q_{\text{отток}} + Q_{\text{исп}} + Q_{\text{переброс}} + Q_{\text{фильтр}} \quad (2)$$

где  $Q_{\text{вх}}$  — объем полезного стока, поступающий за время  $\Delta t$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $Q_{\text{осад}}$  — объем воды, поступающий в водохранилище в виде осадков,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $Q_{\text{отток}}$  — отток воды из водохранилища за время  $\Delta t$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $Q_{\text{исп}}$  — потери из-за испарения за время  $\Delta t$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $Q_{\text{переброс}}$  — переброска части стока за время  $\Delta t$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $Q_{\text{фильтр}}$  — фильтрационные потери из водохранилища за время  $\Delta t$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

В работе моделирование стока с учетом внутригодового его распределения производилась по среднемесячному стоку. Таким образом, для плотинных ГЭС полезный сток воды практически пропущен через створ ГЭС. А потери расхода зависит от неэнергетических составляющих:  $Q_{\text{исп}}$ ,  $Q_{\text{ф}}$ ,  $Q_{\text{осад}}$ ,  $Q_{\text{перебросил}}$ . Для:

$$V_{\text{пр}}(t_i)\Delta t_i = V_i(t) + Q_{\text{сп}}\Delta t_i + Q_{\text{осад}}\Delta t_i - Q_{\text{вх}}\Delta t_i - Q_{\text{исп}}\Delta t_i - Q_{\text{переб}}\Delta t_i - Q_{\text{фи}}\Delta t_i. \quad (3)$$

Без учета расхода на испарение, осадки и фильтрации через почвы из уравнения (3), опустив индекса получим:

$$V_{\text{пр}}(t + \Delta t) = V(t) + Q_{\text{вх}}\Delta t - Q_{\text{вх}}\Delta t - Q_{\text{переб}}\Delta t, \quad (4)$$

Откуда

$$\frac{v_{\text{пр}}(t+\Delta t) - v(t)}{\Delta t} = Q_{\text{вх}} - Q_{\text{ввых}}, \quad (5)$$

или

$$\frac{dv(t)}{dt} = \frac{dv}{dt} = Q_{\text{вх}} - Q_{\text{ввых}}, \quad (6)$$

с другой стороны изменения уровня воды в процессе истечения воды можно представить в виде [4]:

$$H = H_2 - H_1 = \frac{\alpha_c v_c^2}{2g} + \lambda \frac{v_c^2}{2g} \text{ здесь } \lambda = 0,11 \left(\frac{l}{d}\right)^{0,25} \quad (7)$$

где  $\alpha_c$  — коэффициент скорости ( $\alpha \approx 0,97$ ),  $\lambda$  — коэффициент местного сопротивления, учитывающий потери механической (кинетической и потенциальной) энергии воды.

Для  $v_c$  в сечении С-С имеет вид:  $v_c = \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \sqrt{2gH}$

Скорость истечения воды из отверстия:

$$v_c = \alpha_c \sqrt{2gH}. \quad (8)$$

Расход воды, вытекающей через отверстие

$$Q_{\text{ввых}} = \mu \omega \sqrt{2gH}, \quad (9)$$

где  $\mu$  — коэффициент расхода:  $\mu = \varepsilon \alpha$ , здесь  $\varepsilon$  — коэффициент сжатия водяной цилиндрической струи.

Для цилиндрического насадка коэффициент расхода ( $\mu$ ) принимает значения  $\mu = 0,82 - 0,95$ , а коэффициент сжатия струи  $\varepsilon = 0,62$  и  $\alpha \approx 0,97$ , тогда

$$H = \frac{\alpha_c \alpha_c^2 2gH}{2g} + \lambda \frac{\alpha_c^2 2gH}{2g} = \alpha_c^3 H + \lambda \alpha_c^2 H \quad (10)$$

$\alpha_c^3 + \lambda \alpha_c^2 - 1 = 0$  так как  $\lambda = 0,11 \left(\frac{l}{d}\right)^{0,25}$ , то  $\alpha_c^3 + 0,11 \left(\frac{l}{d}\right)^{0,25} \alpha_c^2 - 1 = 0$ . Тогда:

$$Q_{\text{ввых}} = \mu \omega \sqrt{2gH} = \mu \omega \sqrt{2g} \sqrt{\frac{\alpha_c v_c^2}{2g} + \lambda \frac{v_c^2}{2g}} = \mu \omega \sqrt{\alpha_c v_c^2 + \lambda v_c^2} = \mu \omega v_c^2 \quad (11)$$

То есть  $Q_{\text{ввых}} = \mu \omega v_c \sqrt{\alpha_c + \lambda}$ . Таким образом:

$$\frac{dv}{dt} = Q_{\text{вх}} - \mu \omega v_c \sqrt{\alpha_c + \lambda} \quad (12)$$

здесь  $\omega = \frac{\pi d^2}{4}$ , поэтому  $\frac{dv}{dt} = Q_{\text{вх}} - \varepsilon \alpha_c \frac{\pi d^2}{4} v_c \sqrt{\alpha_c + \lambda}$ . Поскольку для цилиндрической трубы  $\varepsilon \approx 0,62$ , то:

$$\frac{dv}{dt} = Q_{\text{вх}} - 0,49 \alpha_c d^2 v_c \sqrt{\alpha_c + \lambda} \quad (13)$$

Или, окончательно получим выражение для изменения скорости истечения водяной

струи за определенный промежуток времени:

$$\frac{dv}{dt} = Q_{\text{вх}} - 0,49d^2 v_c \sqrt{\alpha_c^2 (\alpha_c + \lambda)}. \quad (14)$$

Таким образом, из формулы (14) видно, что изменения скорости истечения воды в водохранилище в первую очередь зависят от скорости истечения в сечении С-С и от объема  $Q_{\text{вх}}$  (объем притока воды). Чтобы сохранить необходимый объем воды в водохранилище, необходимо регулировать значения основных параметров ( $\alpha_c$  и  $\lambda$ ), входящий во второй член данного уравнения, т. е. нужно оптимизировать значения этих параметров. путем их управления. Изменение объема воды в Токтогульском водохранилище в зависимости от времени показана на Рисунке 2.

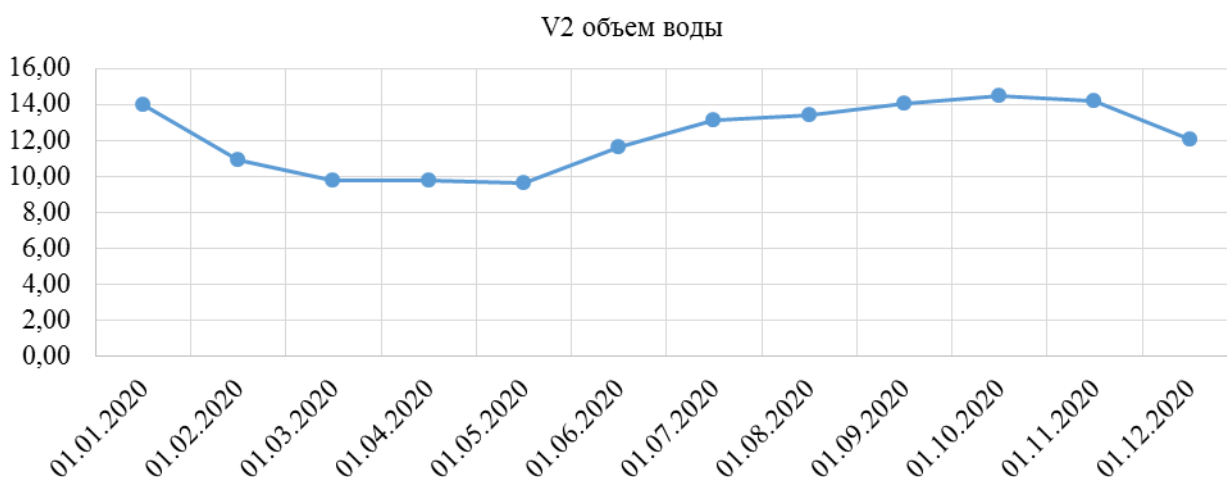


Рисунок 2. Изменения объема воды в Токтогульском водохранилище в зависимости от времени. Точки экспериментальные данные

Зависимость притока воды в Токтогульское водохранилище от времени представлена на Рисунке 3.

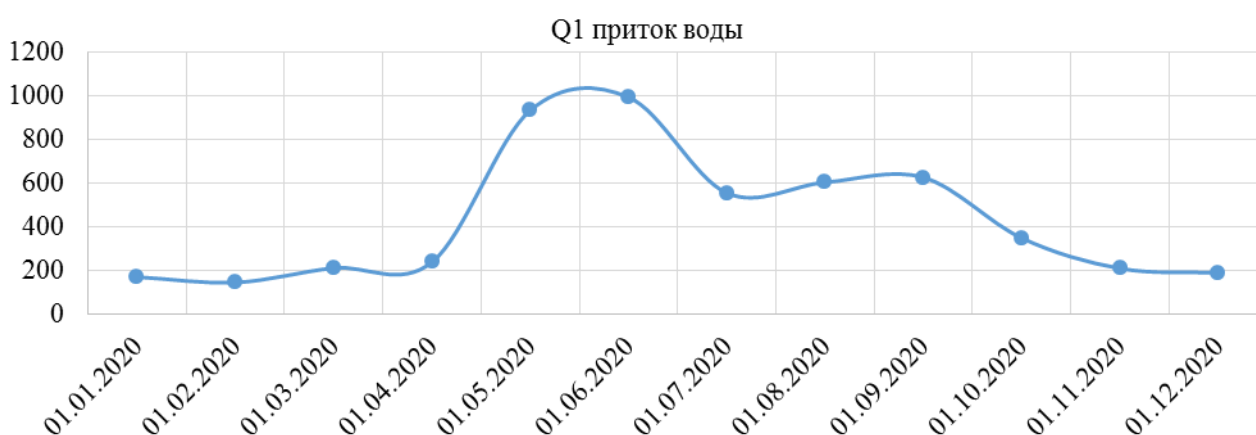


Рисунок 3. Приток воды в Токтогульское водохранилище

Из Рисунке 3 видно, что в 2020 г. максимальный приток воды приходится на июнь-июль месяцы. В дальнейшем происходит резкое уменьшение притока воды. Нужно управлять параметрами входящие в формулу (14), чтобы правая часть полученной кривой зависимости,

показанной на рисунке 3 плавно уменьшался.

На Рисунке 4 представлена зависимость расхода воды в Токтогульском водохранилище от времени. Из Рисунка 4 видно, что расход воды имеет два пика: в середине июля и второе увеличение расхода начинается с середины октября и быстрый подъем происходит начиная с середины ноября. Полученные данные можно объяснить тем, что увеличение расхода в июне и июля месяцы связаны с поливом, а увеличение расхода воды в ноябре и декабре месяцы связаны с увеличением потребности на электроэнергию.



Рисунок 4. Зависимость расхода вода от времени года

В Таблице приведены объем воды, имеющиеся на начало календарных месяцев 2020 г.

Таблица.

ОБЪЕМ ВОДЫ В ТОКТОГУЛЬСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ в 2020 г, м<sup>3</sup>

01.01. 2020	01.02. 2020	01.03. 2020	01.04. 2020	01.05. 2020	01.06. 2020	01.07. 2020	01.08. 2020	01.09. 2020	01.10. 2020	01.11. 2020	01.12. 2020
14,954	13,589	12,474	11,647	11,650	12,646	13,482	14,028	14,864	15,201	14,819	13,748

Сравнивая результаты можно сделать вывод, что данные на 2020 г. приближаются к результатам расчетов [5]. Используя представленные данные в Таблице с применением метода наименьших квадратов нами получена следующее регрессионное уравнение [6]:

$$y = 12,66 + 0,14x \quad (15)$$

Таким образом, на основе проведенных исследований, можно сделать вывод, что используя полученные уравнения (14) и (15) можно оптимизировать работу Токтогульской ГЭС, так как водосбережение в главном водохранилище КР, в настоящее время, является одним из эффективных способов решения вопроса устойчивого энергоснабжения населения и промышленных предприятий в КР.

*Список литературы:*

1. Брызгалов В. И., Гордон Л. А. Гидроэлектростанции. Красноярск, 2002. 541 с.
2. Яковлев С. В., Губий И. Г. Комплексное использование водных ресурсов. М., 2005.

384 с.

3. СТО 17330282.27.140.007-2008. Технические системы гидроэлектростанций. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования. ОРГРЭС.

4. Алексеевский Н. И., Акименко Т. А., Фролова Н. Л. Оптимизация пропуска максимальных расходов воды через водохранилище // Гидроэкология: теория и практика. Проблемы гидрологии и гидроэкологии. 2004. М., С. 445-454.

5. Адылова Э. С. Определение факторов и показателей объемов воды в Токтогульском водохранилище с использованием математических моделей // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. №6-1.

6. Омурбекова Г. К. Анализ и прогнозирование производства кремния методом наименьших квадратов // Наука. Образование. Техника. 2015. №1 (51). С. 10-14.

*References:*

1. Bryzgalov, V. I., & Gordon, L. A. (2002). *Gidroelektrostantsii*. Krasnoyarsk, 541 s.

2. Yakovlev, S. V., & Gubii, I. G. (2005). *Kompleksnoe ispol'zovanie vodnykh resursov*. Moscow, 384.

3. STO 17330282.27.140.007-2008. Technical systems of hydroelectric power plants. Organization of operation and maintenance. Norms and requirements. ORGRES.

4. Alekseevskii, N. I., Akimenko, T. A., & Frolova, N. L. (2004). Optimizatsiya propuska maksimal'nykh raskhodov vody cherez vodokhranilishche. *Gidroekologiya: teoriya i praktika. Problemy gidrologii i gidroekologii*. Moscow, 445-454.

5. Adylova, E. S. (2017). Opredelenie faktorov i pokazatelei ob'emov vody v toktogul'skom vodokhranilishche s ispol'zovaniem matematicheskikh modelei. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, (6-1).

6. Omurbekova, G. K. (2015). Analiz i prognozirovanie proizvodstva kremniya metodom naimen'shikh kvadratov. *Nauka. Obrazovanie. Tekhnika*, (1 (51)), 10-14.

*Работа поступила  
в редакцию 03.04.2021 г.*

*Принята к публикации  
11.04.2021 г.*

*Ссылка для цитирования:*

Адылова Э. С., Ташполотов Ы., Жээнбаева З. Р., Жабагыев И. М. Исследования параметров гидроэнергетического потенциала Токтогульской ГЭС // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №5. С. 286-291. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/66/27>

*Cite as (APA):*

Adylova, E., Tashpolotov, Y., Zheenbaeva, Z., & Zhabagayev, I. (2021). Research of the Parameters of the Hydropower Potential of the Toktogul Hydroelectric Power Station. *Bulletin of Science and Practice*, 7(5), 286-291. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/66/27>